

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-241157

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)9月26日

H 01 L 27/06  
G 01 K 7/00  
H 01 L 21/66  
21/82  
27/04

1 0 1  
3 9 1

Z-8728-5F  
7269-2F  
E-6851-5F  
T-7925-5F  
T-7514-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体集積回路

⑯ 特 願 昭63-68742

⑰ 出 願 昭63(1988)3月23日

⑱ 発 明 者 菅 生 靖 久 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 発 明 者 藤 田 雅 世 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一 外2名

明 細 書

実施例

1. 発明の名称

半導体集積回路

第1実施例(第2図、第3図)

第2実施例(第4図)

第3実施例(第5図)

第4実施例(第6図、第7図、第8図、第9  
図)

第5実施例(第10図)

第6実施例(第11図)

第7実施例(第12図)

2. 特許請求の範囲

半導体集積回路において、PN接合を有する温度測定用の能動素子(3)と、この能動素子の所定電流密度における電圧降下( $V_{BE}$ )の測定用に外部に導出された測定用外部端子(4、5)と、を備えたことを特徴とする集積回路。

発明の効果

(概要)

本発明は、IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路(以下、LSIという。)に係り、特にLSI内に形成されたトランジスタ、ダイオード等の能動素子(以下、トランジスタという。)を用いてLSIの温度検出が可能に構成されたLSIに関し、

3. 発明の詳細な説明

(目的)

概要

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

作用

本発明は特別な温度検出器を用いることなく、LSI自体に含まれている能動素子自体の温度特性を有効に利用して当該LSIの温度信号を取出

しうるLSIを提供することを目的とし、

半導体集積回路において、PN接合を有する温度測定用の能動素子と、この能動素子の所定電流密度における電圧降下を出力可能に外部に導出された測定用外部端子と、を備えて構成した。

〔産業上の利用分野〕

本発明は、IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路（以下、LSIという。）に係り、特にLSI内に形成されたトランジスタ、ダイオード等の能動素子（以下、トランジスタという。）を用いてLSIの温度検出が可能に構成されたLSIに関する。

〔従来の技術〕

近年の半導体技術の進歩により、半導体集積回路はICからLSI、さらには超LSIへと発展してきた。この発展に伴って集積密度が増加し、また動作速度も高速化している。

このLSIの高密度化、高速化に伴ない、LSI中の1素子当りの消費電力が増加し、そしてチップ当りの発熱量が増大化する傾向にある。

限られたスペース内にそのような温度センサを配置することはシステムの構築上無理があり、現実的な解決策とはなり得ない。

また、たとえ配置出来たとしても、そこで得られるのはLSIパッケージ表面の温度であり、LSIそのものの温度を見ることは出来ない。

本発明は特別な温度検出器を用いることなく、LSI自体に含まれている能動素子自体の温度特性を有効に利用して当該LSIの温度信号を取出しうるLSIを提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

第1図に本発明の原理図を示す。LSIは半導体集積回路基板1と、その基板上に形成された回路部2とから構成される。回路部2はトランジスタ、ダイオード等のPN接合を有する多数の能動素子および必要な場合に抵抗等の受動素子を含んで構成されている。上記能動素子には本発明に係る温度測定用能動素子3が含まれている。この温度測定用能動素子3はサーミスタ等のいわゆる温度検出素子ではなく構造自体は通常LSIで使用

半導体の動作は熱の影響を受け易いため、放熱フィンや強制冷却ファン等を用いて熱対策を行っているのが現状である。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記放熱対策はLSIを用いた計算機システム等の設計段階で求めた特性に基づくものであり、実際の温度の状態に対応するものではなかった。また、同じ設計仕様のシステムであっても設置場所や稼働時間の長短等によりLSIの温度状況は異なり、設計仕様のままで画一的に冷却しても必ずしもその状況に適合したものではなかった。LSIを良好な条件で動作させるためには現実の動作時の温度がどのようになっているかを検出し、常に適正な温度に保つよう管理する必要がある。

そこで、LSIの温度を検出する手段として、熱電対やサーミスタ等の温度センサをシステム内部に実装されたLSIに取付け、その検出信号を取出すことが考えられる。しかし、システム内の配線や部品配置は極めて複雑であり、しかもその

される素子と同じである。温度測定用能動素子3はPN接合を有しており、そのPN接合にある電流を流したときに生ずる電圧降下を外部に取出すための測定用外部端子4、5が半導体集積回路基板1上に形成されている。PN接合に電流を流す手段としては、LSI内に設けられている定電流源を利用するか、あるいは測定用外部端子4、5を用いて外付けの定電流源を用いるか、いずれでもよい。

〔作用〕

温度測定用能動素子3のPN接合に電流を流すと、そのPN接合相互間で生じた電圧降下に対応する電圧が測定用外部端子4、5間に現われる。この電圧は温度測定用能動素子3の特性に基づく温度特性と相関関係を有する。したがって、上記測定用外部端子4、5間の電圧を測定することにより当該温度測定用能動素子3の温度を測定することができ、このことは当該能動素子3を内蔵するLSIの動作時の温度を測定することができることを意味する。

## 〔実施例〕

次に、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

## 概要説明

第1図に示したように、LSIの半導体集積回路基板（以下、基板という。）1上に形成された回路部2はバイポーラトランジスタ、ダイオード等のPN接合を有する多数の能動素子（以下、トランジスタで説明する。）および必要な場合に抵抗等の受動素子を含んで構成されている。上記トランジスタの中には本発明に係る温度測定用のトランジスタ3が含まれている。このトランジスタ3は特別な構造を有するものではなく、構造自体は他のトランジスタと同様に同一プロセスで作られる。但し、温度測定用として専用に設けるか、LSI内で使用しない空きトランジスタを用いるか、LSI内に設けられている出力バッファ用のトランジスタを通常動作時以外の空き時間帯で利用するか、は適宜選択する。

トランジスタ3のベースには測定用外部端子

（以下、端子という。）4が接続され、エミッタには端子5が接続されている。各端子4、5は基板1の空きスペース上に配置され、トランジスタ3のベース・エミッタ間の順方向電圧降下（以下、ベース電圧という。）を外部に導出するためのものである。

トランジスタ3にコレクタ電流を流す手段としては、LSI内に存在する定電流源を用いるか、あるいは端子5に外付けの定電流源を接続するか、の2通りの方法がある。これらについては、後述する各実施例で説明する。

次に、動作の概要を説明する。トランジスタ3のPN接合に電流を流すと、そのPN接合で生じたベース電圧 $V_{BE}$ が端子4、5間に現われる。このベース電圧 $V_{BE}$ を測定することにより後述する(1)式を用いてトランジスタ3の温度を測定することができる。トランジスタ3の温度は、結局において実質的にLSI全体の温度と等価であるから、そのLSIの温度を知ることができ、システム内に配置されたLSIの温度管理を行うことが

可能となる。この温度信号の用途としては種々考えられ、詳細例は第7実施例において後述する。

## 第1実施例

本発明の第1実施例を第2図～第4図を用いて説明する。

いま、温度測定用のトランジスタ3として、第2図に示すトランジスタ $T_{r1}$ を考える。トランジスタ $T_{r1}$ のコレクタはLSI内に配線されたGND線に接続され、エミッタは端子5に接続され、ベースはベースバイアス抵抗 $R_B$ を介してGND線に接続されるとともに端子4に接続され、オープンエミッタの出力方式になっている。

一般に第3図に示すようにトランジスタのベース電圧 $V_{BE}$ は活性領域のコレクタ電流（又は電流密度） $I_C$ の小さい範囲において線型な温度特性を有し、所定の温度係数 $K$ を有する。

そこで、ある基準温度 $T_{j0}$ 時のベース電圧 $V_{BE}(T_{j0})$ を測定し、次に現在のベース電圧 $V_{BE}(T_{j1})$ を測定することにより次式(1)を用いて

温度 $T_j$ を換算して求めることができる。

$$T_j = \frac{V_{BE}(T_{j1}) - V_{BE}(T_{j0})}{\alpha} + T_{j0} \quad \dots (1)$$

この例においては、トランジスタ $T_{r1}$ は固定値の抵抗 $R_B$ で固定バイアスされているので、コレクタ電流の電流密度はベース電圧 $V_{BE}(T_{j0})$ 、 $V_{BE}(T_{j1})$ のいずれの測定時においても同じである。

## 第2実施例

第4図に第2実施例を示す。上述の第1実施例（第2図）はLSI中に形成されたGND線と抵抗 $R_B$ を利用して固定バイアスでコレクタ電流を流し、そのときの各ベース電圧 $V_{BE}(T_{j0})$ 、 $V_{BE}(T_{j1})$ を測定するものである。これに対し、この第2実施例はトランジスタ $T_{r2}$ をLSI中の他の回路とは電気的な接続関係を有さずに独立して設けたものである。トランジスタ $T_{r2}$ のコレクタは別に設けた端子6に、エミッタは端子5および7に、ベースは端子4にそれぞれ接続されている。

測定に際しては、端子6、7間に外付けの電流源8を接続し、端子7から定電流を引くことにより、コレクタ電流を流す。このコレクタ電流が流れている場合において端子4と5間に生じるベース電圧を第1実施例と同様に基準温度の場合の $V_{BE}(T_{j0})$ と測定時の場合の $V_{BE}(T_{j1})$ について測定し、(1)式により換算する。

このように、定電流源8を別途外付けとし、その接続用端子を別に設けたことにより、端子5およびその配線抵抗により生じる誤差を抑制することができる。つまり、第1実施例の場合はコレクタ電流の流路にベース電圧測定のための端子5が存在するためベース電圧には端子5の電圧降下分が含まれることになるが、第2実施例では端子4、5が電流路とは別に設けてあるため、ベース・エミッタ間のみの電圧降下を取出すことができる点で優れている。但し、第1実施例はその分だけ構造が簡単であり、簡易な測定には有利である。

### 第3実施例

第5図に第3実施例を示す。この第3実施例は

温度として、事前に固有の $V_{BE}$ を測定しておく必要があった。しかも、規準温度における $V_{BE}$ は、デバイス固有の値であり、デバイス毎に用意する必要があった。

しかしながら、トランジスタの温度係数 $K$ は、第6図に示すように、電流密度によって異なるという特性を有する。この特性は上記 $V_{BE}$ のバラツキをキャンセルし、デバイス個々にほぼ同じ特性となる。

そこで、本実施例は、温度測定用のトランジスタ3(第1図)として、2点のベース電圧を求めるためにそれぞれ電流密度を意図的に異ならしめた2つのトランジスタ $T_{r5}$ 、 $T_{r6}$ を用い、各トランジスタ $T_{r5}$ 、 $T_{r6}$ のベース電圧の差を求め、その差電圧により温度に換算するようにしたものである。

第7図に示すように、第1トランジスタ $T_{r5}$ 、第2トランジスタ $T_{r6}$ のベースは共通に接続され、バイアス抵抗 $R_B$ により固定バイアスされるとともに、端子16を介して定電流源9に接続されて

外部端子の導出を4と5のみとし、トランジスタ $T_{r3}$ を低抵抗 $R_B$ を用いて固定バイアスとし、エミッタに定電流源を構成するトランジスタ $T_{r4}$ および低抵抗 $R_{B1}$ をLSI内部において予め配線したものである。 $V_{CS}$ はトランジスタ $T_{r4}$ のバイアス電圧である。

温度測定は端子4、5間に生じるベース電圧 $V_{BE}(T_{j0})$ 、 $V_{BE}(T_{j1})$ をそれぞれ測定し、(1)式により換算して行う。

この第3実施例によれば、導出すべき端子は4と5の2つでよく、また端子5においては電圧の損失がないので高精度の測定が可能となる。

### 第4実施例

以上に述べた第1～第3の各実施例は、いずれも同一の電流密度であることを前提とし、その同じ電流密度下での2点のベース電圧 $V_{BE}(T_{j0})$ 、 $V_{BE}(T_{j1})$ を測定し、(1)式を用いて温度に換算するものであった。

ところが、この方式では、 $T_{j0}$ 又は $T_{j1}$ は規準

いる。第1トランジスタ $T_{r5}$ のエミッタには端子4を介して定電流源10の接続され、第2トランジスタ $T_{r6}$ のエミッタには端子5を介して定電流源11が接続されている。

第1トランジスタ $T_{r5}$ と第2トランジスタ $T_{r6}$ の電流密度は相互に異なるのであるが、そのための手段としては2通りある。一つは、第1トランジスタ $T_{r5}$ と第2トランジスタ $T_{r6}$ の各エミッタの面積 $S_5$ 、 $S_6$ を相互に異ならせる(例えば、 $S_5 < S_6$ )ことであり、他の一つは同一のエミッタ面積で定電流源10、11の各電流を異ならせることによりコレクタ電流 $I_5$ 、 $I_6$ を相互に異ならせる(例えば、 $I_5 > I_6$ )方法である。いずれとするかは適宜選択すればよい。

以上の回路において、第1トランジスタ $T_{r5}$ の電流密度が第2トランジスタ $T_{r6}$ の電流密度よりも大きいものとし、第1トランジスタ $T_{r5}$ のベース電圧 $V_{BE5}$ と第2トランジスタ $T_{r6}$ のベース電圧 $V_{BE6}$ の温度を変化させた場合の特性をみる。その特性を第8図に示す。第8図に示すように、

各ベース電圧 $V_{BE5}$ および $V_{BE6}$ は温度の上昇に伴って差が開いてくる。これは、先に述べたように、電流密度の違いによる温度係数 $K$ の変化によるものである。

したがって、第1トランジスタ $T_{r5}$ のベース電圧 $V_{BE5}$ と第2トランジスタ $T_{r6}$ のベース電圧 $V_{BE6}$ との差を測定することにより、LSIの正確な温度を直接的に検出することができる。

#### 第5実施例

第10図に第5実施例を示す。この実施例は、2つのトランジスタ $T_{r5}$ 、 $T_{r6}$ に代えて2つのダイオード $D_1$ 、 $D_2$ を用いて構成したものである。

ダイオード $D_1$ 、 $D_2$ はトランジスタのベースとコレクタを短絡して形成されたものであるが、ショットキーバリアダイオードのように初めからダイオードとして形成された素子を用いてもよい。

構造としては、各ダイオード $D_1$ 、 $D_2$ のカソード（つまり、トランジスタのエミッタに相当）を端子4、5に接続して形成する。

測定方法およびその原理は第4実施例と同様で

測定に際しては、切替スイッチ $SW$ をそれぞれ別の定電流源14、15に接続しておき、交互に切換えて2回測定する。そして、各測定時のベース電圧 $V_{14}$ 、 $V_{15}$ の差（ $V_{14} - V_{15}$ ）を求めて第9図により温度に換算する。

本実施例によれば、ダイオード $D_3$ が1つで済み、また端子4はもともとLSIに設けられるGND端子と兼用することができるため、新たに設ける端子は5のみでよいことから、簡単な構成で本発明を実現できるという利点を有する。

#### 第7実施例

以上の第1～第6の各実施例は、温度測定用のトランジスタ3に関する実施例であるが、次にこの温度測定用のトランジスタ3を実装したLSIの温度管理システムについて説明する。

第12図にその第7実施例を示す。計算機システム17の構成要素の1つに本発明に係る温度測定用トランジスタ3を内蔵するLSI18が用いられているとする。トランジスタ3から出力されるベース電圧（すなわち、温度検出信号）は温度

あり、端子4、5にそれぞれ定電流源12、13を接続し、端子4と5の各出力電圧 $V_{D1}$ 、 $V_{D2}$ の差（ $V_{D1} - V_{D2}$ ）を求めることにより温度検出が可能である。その他の詳細な説明は省略する。

#### 第6実施例

第11図に第6実施例を示す。この実施例は、温度測定用のトランジスタ3（第1図）として、1つのダイオード $D_3$ を電流切換えにより2つの電流密度の状態を作り出し、各電流密度時のベース電圧を測定するようにしたものである。

ダイオード $D_3$ は第5実施例の場合と同様に、LSI中に形成されたトランジスタのベースとコレクタとを短絡させて形成した素子（第11図）を用いるか、あるいはショットキーバリアダイオードのように初めからダイオードとして形成した素子を用いるものとする。

構造としては、ダイオード $D_3$ のアノード（つまり、コレクタおよびベース）が接続されたLSI内のGND線を端子4に引出し、カソード（つまり、エミッタ）を端子5に導出する。

制御装置19に入力され、A/D変換されたのち、所定の基準温度（最適動作温度）と比較され、その偏差分に対応する制御信号が冷却ファン20に与えられ、適正温度にフィードバック制御される。また、異常温度監視のための基準温度を設定し、異常温度の場合にアラーム21を出力するように構成することも可能である。

あるいは、LSI18のトランジスタ3からの出力電圧を統計的処理のためのデータとして供することも可能であり、そのデータをもとにシステムの冷却部の設計資料とし、より好適なシステムの構築が可能となる。

（発明の効果）

以上述べたように、本発明によれば、半導体集積回路内に温度測定用の能動素子を設け、この能動素子の所定電流密度における電圧降下を外部に導出するための測定用端子を設けたことにより、格別な温度センサを用いることなく簡単な構成で当該LSIの動作温度をリアルタイムで検出することができ、その情報をもとにLSIの温度管理

が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理図、

第2図は本発明の第1実施例を示す回路図、

第3図はベース電圧の温度特性図、

第4図は本発明の第2実施例を示す回路図、

第5図は本発明の第3実施例を示す回路図、

第6図は電流密度に対するベース電圧の温度係数の特性図、

第7図は本発明の第4実施例を示す回路図、

第8図は第4実施例における各ベース電圧の温度特性図、

第9図は第4実施例における電位差の温度換算特性図、

第10図は第5実施例を示す回路図、

第11図は第6実施例を示す回路図、

第12図は第7実施例を示す回路図である。

1…半導体集積回路基板、

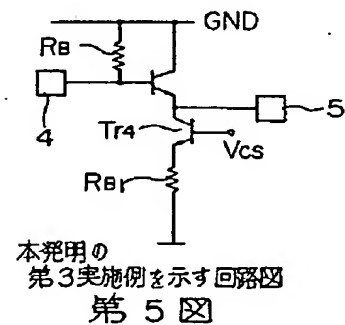
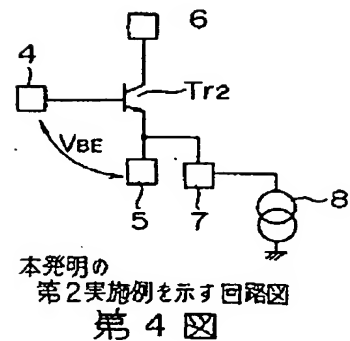
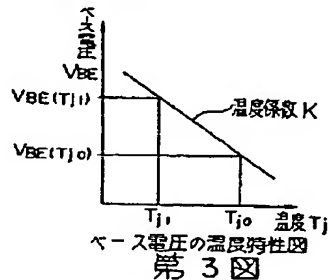
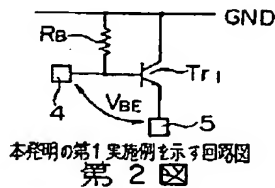
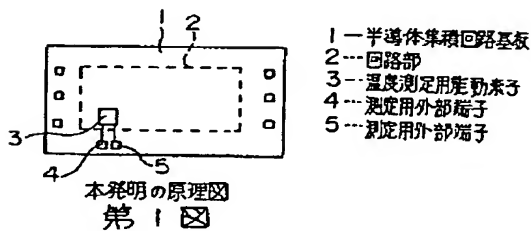
2…回路部、

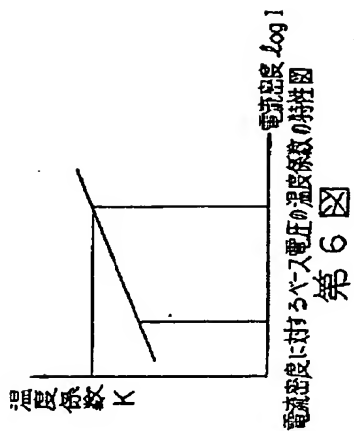
3…温度測定用能動素子、

4…測定用外部端子、

5…測定用外部端子。

出願人代理人 井 新 貞





電流密度に対するベース電圧の温度係数の特性図

